Über die
Verwitterung von Gneis.

▼▼▼

Inauguraldissertation

zur Erlangung der Doktorwürde vorgelegt der Naturwissenschaftlich-Mathematischen Fakultät der Albert-Ludwigs-Universität zu Freiburg im Breisgau

von

Gustav Rühle

aus Berlin.

ACAD. LUGD. BAT. BIBL.

Freiburg i. Br.
C. A. Wagners Hof- und Universitätsbuchdruckerei
1911

Dekan:

Geh. Hofrat Prof. Dr. Himstedt

Referent:

Prof. Dr. Gattermann

Über die chemische Beschaffenheit der Gneise des Schwarzwalds und ihrer Verwitterungsprodukte liegen bisher erst sehr wenige Untersuchungen vor. Man unterscheidet nach Rosenbusch Ortho- und Paragneise oder nach dem Vorgang der geologischen Landesaufnahme von Baden Schapbach- und Renchgneise[1]. Während die Ortho- oder Schapbachgneise umgewandelte Tiefengesteine (Granite) darstellen und demnach auch als Granitgneise bezeichnet werden, haben wir die Para- oder Renchgneise als umgewandelte Schichtgesteine aufzufassen; man nennt sie daher im Gegensatz zu den andern Sedimentgneise.

Die Zusammensetzung der Orthogneise, ebenso wie die der massigen Gesteine überhaupt, ist an bestimmte Gesetzmäßigkeiten gebunden; bei den Sedimentgneisen kann sie innerhalb sehr weiter Grenzen schwanken. Daher finden wir unter ihnen einerseits solche, die einem tonigen Gestein entsprechen, anderseits auch solche, die in ihrer Zusammensetzung einem Sandstein gleichen. Je weniger verändert das Schichtgestein, aus dem der Gneis hervorgegangen, gegenüber dem ursprünglichen Massengestein gewesen ist, um so mehr wird sich natürlich auch die Zusammensetzung des Paragneises der eines Orthogneises nähern. Die aus Arkosen entstandenen Para-

[1] Geolog. Spezialkarte des Großherzogtums Baden. A. Sauer, Erläuterungen zu Bl. 82, Gengenbach (1894).

gneise haben fast die Zusammensetzung eines Orthogneises.

Bisher wurden nur wenige Analysen von Schwarzwaldgneisen veröffentlicht. Vor längerer Zeit hat Schill[1] Lehme analysiert, die durch Verwitterung von Gneisen hervorgegangen sind. In letzter Zeit untersuchte H. G. Schering[2] einen Gneislehm aus der Umgebung Freiburgs.

Da über den Gang der Verwitterung und die Natur der Endprodukte noch wenig bekannt ist, habe ich auf Anregung von Herrn Professor Dr. Meigen einen Gneis aus der Umgebung Freiburgs in frischem und angewittertem Zustand, sowie zwei Gneislehme auf die hierbei eintretenden Veränderungen in der Zusammensetzung und den Löslichkeitsverhältnissen hin untersucht.

Das ideale Material für eine derartige Untersuchung wäre ein solches, bei dem man sicher sein kann, daß auch die jetzt verwitterten Stücke alle ursprünglich die gleiche Zusammensetzung gehabt haben, wie das noch frische Gestein. In diesem Fall würden die Analysen unmittelbar die durch die Verwitterung bedingten Änderungen der Gesteinszusammensetzung auch quantitativ erkennen lassen.

Wenn nun auch bei der vorliegenden Arbeit besonders darauf geachtet wurde, für die Analysen Stücke von möglichst gleicher Struktur und daher wohl auch

[1] J. Schill, Geolog. Beschreibung der Umgebungen der Bäder Glottertal und Suggental. Beiträge zur Statistik der inneren Verwaltung des Großherzogtums Baden. 12. Heft, Karlsruhe 1862, S. 14.

[2] H. G. Schering, Chemische Untersuchungen über Löß und Lehm. Inaug.-Dissertation Freiburg i. Br. 1909, S. 40.

ursprünglich gleicher Zusammensetzung auszuwählen, so ist dies doch nicht ganz gelungen; wie aus den Analysen unzweifelhaft hervorgeht, hat der am stärksten verwitterte Gneis jedenfalls eine andere Zusammensetzung gehabt als die beiden andern.

Bei den völlig verwitterten Gneislehmen kann man natürlich erst recht nicht wissen, wie das Ursprungsgestein beschaffen war. Bei ihnen hat daher eine unmittelbare Vergleichung der Gesamtanalyse mit der des frischen Gneises keinen Sinn. Die aus den Teilanalysen gezogenen Schlußfolgerungen über die Zusammensetzung der Verwitterungsprodukte im einzelnen werden durch diese Einschränkung natürlich nicht berührt.

Bevor ich auf die Ergebnisse meiner Untersuchungen eingehe, möchte ich einige allgemeine Bemerkungen über die Behandlungsweise der Gesteine und den eingeschlagenen Analysengang vorausschicken.

Die Gneise wurden zu einem feinsandigen Pulver zerstoßen und in diesem Zustand mit Salzsäure oder Schwefelsäure behandelt. Für die Bauschanalyse wurden sie in üblicher Weise ganz fein zerrieben.

Die Lehme wurden zunächst bei 100° getrocknet und dann 24 Stunden in dünner Schicht an der Luft stehen gelassen. Darauf wurden sie zur Entfernung gröberer, noch nicht völlig verwitterter Gesteinsstückchen durch ein Sieb von 0,5 mm Lochweite gesiebt und in diesem Zustand verwendet. Zur Gesamtanalyse wurde etwa 1 g der lufttrockenen Substanz mit Natriumkarbonat aufgeschlossen, worauf die einzelnen Bestandteile nach den üblichen Methoden bestimmt wurden. Das Eisen

wurde in dem geglühten Ammoniakniederschlag nach Aufschließen mit Kaliumpyrosulfat und Reduktion mit Schwefelwasserstoff mit Kaliumpermanganat titriert. In derselben Lösung wurde das Titan mittels Wasserstoffsuperoxyd kolorimetrisch bestimmt. Die Tonerde wurde aus der Differenz berechnet.

Die Alkalien wurden in einer besonderen Probe nach dem Verfahren von Lawrence Smith bestimmt.

Neben der Gesamtanalyse wurde auch die Zusammensetzung des in konzentrierter Salzsäure löslichen Teils der Proben untersucht. Zu diesem Zwecke wurde die nicht allzu fein gepulverte Substanz mehrfach mit konzentrierter Salzsäure gekocht und der Rückstand zur Lösung der durch die Salzsäure ausgeschiedenen Kieselsäure fünf Minuten mit 5-prozentiger Natronlauge erwärmt. Zur Entfernung der Natronlauge wurde der Rückstand nochmals mit verdünnter Salzsäure ausgewaschen und letztere zu der Natronlaugelösung gegeben. Die erste salzsaure und die alkalische Lösung wurden getrennt analysiert. Ferner wurde eine sogenannte rationelle Analyse ausgeführt: Durch Kochen mittels konzentrierter Schwefelsäure werden die hierdurch zersetzbaren Silikate in Lösung gebracht und so von den nicht zersetzbaren getrennt. Von den vielen Methoden, die von Seeger, Bischoff, Lunge und Millberg, Koerner, Sabeck[1] u. a. ausgearbeitet worden sind, hat sich die des letztgenannten als die bequemste und zuverlässigste erwiesen. — Es wurden infolgedessen sämtliche Analysen hiernach ausgeführt: Etwa 5 g Substanz wurden in einer Kasserolle mit 100 ccm Wasser und 50 ccm konzen-

[1] Chemische Industrie 25, 90 (1902).

trierter Schwefelsäure 3—4 Stunden im Sieden erhalten. Nach dem Erkalten wurde mit Wasser verdünnt und die überstehende Lösung in ein großes Becherglas abgegossen.

Schließlich bringt man den Rückstand mit verdünnter Salzsäure auf ein Filter und wäscht ihn vollständig aus. Nachdem sich die in dem Becherglas befindlichen feinsten Teilchen des Rückstandes abgesetzt haben, gießt man die überstehende klare Flüssigkeit vorsichtig ab und behandelt die schließlich zurückbleibenden feinsten Teilchen wie vorher abwechselnd mit Natronlauge und Salzsäure, wobei nun aber die sauren und alkalischen Lösungen gesondert aufzufangen sind. Der Rest wird mittels verdünnter Salzsäure auf ein Filter gebracht, ausgewaschen, geglüht und gewogen. Die Kieselsäure wird mittels Flußsäure und Schwefelsäure entfernt, der Rückstand in Salzsäure und Wasser gelöst und nach den üblichen Methoden analysiert.

In der näheren Umgebung von Freiburg kommen nur Renchgneise vor. Sie sind bisher erst wenig untersucht worden; Analysen davon liegen noch gar keine vor. Dagegen sind bei Gelegenheit der geologischen Landesaufnahme von Baden einige Renchgneise des mittleren Schwarzwalds analysiert worden:

	1	2	3	4	5
SiO_2	63,48	64,57	61,20	71,96	72,12
TiO_2	0,44	0,80	1,19	—	—
Al_2O_3	16,47	16,76	17,40	13,28	12,63
Fe_2O_3	1,28	0,92	1,20	1,16	1,76
FeO	4,73	4,48	5,76	3,25	2,81
MgO	0,97	2,41	2,53	1,17	0,84
CaO	1,19	0,80	0,93	1,71	1,72
Na_2O	3,24	3,33	2,86	3,82	3,53
K_2O	6,87	4,06	4,07	2,22	4,44
H_2O	1,00	2,20	2,19	0,69	0,56
	99,67	100,22	99,23	99,26	100,41

1) Normaler, körnig- bis schiefrig-schuppiger Gneis von mittlerem Glimmergehalt.
2) Glimmerreichere Abänderung mit etwas Sillimanit.
3) Abänderung mit Sillimanit und fahlunitartigen Flecken.
4) Feinkörniger Gneis in dünnbankigen Einlagerungen.
Sämtliche Stücke stammen aus dem Gelbachtal bei Oberwolfach[1].
5) Feinkörniger Gneis vom Hirschbächle bei Freiersbach[2].

[1] Geolog. Spezialkarte des Großherzogtums Baden. Erläuterungen zu Bl. 88/89, Oberwolfach-Schenkenzell (1895).

[2] Geolog. Spezialkarte des Großherzogtums Baden. Erläuterungen zu Bl. 83/84, Peterstal-Reichenbach (1895).

Die von mir untersuchten Proben stammen von der Fahrstraße, die vom Hirzberg nach St. Ottilien führt. Da die verschiedenen Verwitterungszustände nicht von einer Stelle zu erhalten waren, wurden die Proben verschiedenen, aber nahe beieinander liegenden Orten entnommen. Es wurden nach Möglichkeit Stücke gleicher Struktur gewählt, von denen man annehmen konnte, daß sie im ursprünglichen frischen Zustande wenigstens annähernd die gleiche Zusammensetzung besessen haben. Wie die Analysen zeigen, ist dies doch nicht völlig gelungen. Der am stärksten verwitterte Gneis 3 muß ursprünglich eine andere Zusammensetzung gehabt haben als die beiden anderen Proben. Bei dem schnellen Wechsel in der Gesteinsbeschaffenheit der verschiedenen Schichten sind derartige Abweichungen nicht wohl zu vermeiden. Die untersuchten Stücke gehören zu den glimmerreicheren Abarten mit gut ausgeprägter schiefriger Struktur.

Gneis 1.

Das makroskopisch ganz frisch erscheinende Gestein ist ein ziemlich feinkörniger Biotitgneis. Die Schichtflächen sind fast völlig von dunklem Glimmer bedeckt; auf dem Querbruch erkennt man aber, daß die Masse des Glimmers gegenüber den beiden andern Hauptbestandteilen, Quarz und Feldspat, doch wesentlich zurücktritt. Der Glimmer besitzt sehr starken Pleochroismus, parallel zur Spaltrichtung dunkel braunrot, senkrecht dazu hellgelb bis fast farblos. Der Feldspat zeigt zum Teil feine Zwillingsstreifung; Doppelbrechung und Aus-

löschungsschiefe sind gering, was auf einen natronreichen Plagioklas deutet. Unter dem Mikroskop bemerkt man, daß Glimmer sowohl wie Feldspat vielfach nicht mehr ganz frisch sind. Der Glimmer ist stellenweise in Chlorit umgewandelt, während der Feldspat trüb geworden ist. Von Übergemengteilen wurden einige Zirkonkriställchen und etwas Erz (Titaneisen) beobachtet. Die Zirkone zeigen, soweit sie im Glimmer eingeschlossen sind, sehr schön die bekannten pleochroitischen Höfe.

Die Bauschanalyse des Gesteins ergab folgende Zusammensetzung:

	lufttrocken	bei 115° getrocknet
SiO_2	70,73	70,85
TiO_2	1,08	1,08
Al_2O_3	12,58	12,60
Fe_2O_3	1,86	1,86
FeO	3,16	3,16
MgO	1,44	1,44
CaO	1,24	1,24
Na_2O	3,44	3,44
K_2O	3,64	3,64
H_2O (geb.)	1,21	1,21
H_2O (115°)	0,17	—
	100,55	100,52

1,0004 g Sbst.: 0,7076 g SiO_2; 0,1904 g R_2O_3, davon 0,0186 g Fe_2O_3; 0,0124 g CaO; 0,0398 g $Mg_2P_2O_7$.

0,5046 g Sbst.: 0,0055 g TiO_2.

0,9984 g Sbst.: bei 115° 0,0017 g H_2O; Glühverlust 0,0138 g.

0,5050 g Sbst.: 0,0618 g KCl + NaCl; 0,0948 g K_2PtCl_6.

3,0020 g Sbst.: 0,0949 g FeO.

Der in Salzsäure lösliche Anteil hatte folgende Zusammensetzung:

	a lufttrocken	a′ bei 115° getr.		b bei 115° getr.	Mittel
SiO_2	6,78	6,79		6,65	6,72
TiO_2	0,61	0,61			0,61
Al_2O_3	3,90	3,90	9,62	9,45	3,90
Fe_2O_3	5,10	5,11			5,11
MgO	1,42	1,42		1,42	1,42
CaO	0,32	0,32		0,23	0,28
Na_2O	0,25	0,25		0,38	0,32
K_2O	1,25	1,25		1,09	1,17
H_2O (geb.)	0,89	0,89		(0,89)	0,89
	20,52	20,54		20,11	20,42

a) 1,5072 g Sbst.: 0,1022 g SiO_2; 0,1448 g R_2O_3, davon 0,0769 g Fe_2O_3; 0,0048 g CaO; 0,0590 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0370 g KCl + NaCl; 0,0976 g K_2PtCl_6; 1,1960 g unlöslicher Rückstand (wasserfrei). 1,0506 g des bei 115° getrockneten Rückstandes verloren beim Glühen 0,0042 g H_2O.

1,4880 g Sbst.: 0,0091 g TiO_2.

b) 1,4967 g Sbst. (bei 115° getrocknet): 0,0995 g SiO_2; 0,1415 g R_2O_3; 0,0035 g CaO; 0,0585 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0365 g KCl + NaCl; 0,0840 g K_2PtCl_6.

Das gesamte Eisenoxydul war in dem salzsäurelöslichen Teil enthalten.

Schließlich wurde noch eine rationelle Analyse ausgeführt, die für den in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Teil folgende Zusammensetzung ergab:

	a	b
SiO_2	81,48	82,51
Al_2O_3	11,05	10,20
MgO	Spuren	Spuren
CaO	0,62	0,65
Na_2O	3,59	3,47
K_2O	3,26	3,17
	100,00	100,00

a) 6,9992 g Sbst.: 4,4242 g Gesamtrückstand. Hiervon ergaben 1,0036 g: 0,1109 g Al_2O_3; 0,0062 g CaO; 0,1194 g KCl + NaCl; 0,1684 g K_2PtCl_6.

b) 5,0015 g Sbst.: 3,2060 g Gesamtrückstand. Hiervon ergaben 1,0035 g: 0,1024 g Al_2O_3; 0,0065 g CaO; 0,1160 g KCl + NaCl; 0,1650 g K_2PtCl_6.

Auf die bei 115° getrocknete ursprüngliche Substanz umgerechnet, ergeben obige Analysen die folgenden Werte:

	a	b	Mittel
SiO_2	51,60	52,97	52,29
Al_2O_3	7,00	6,54	6,77
MgO	Spuren	Spuren	Spuren
CaO	0,39	0,42	0,40
Na_2O	2,27	2,23	2,25
K_2O	2,06	2,03	2,04
	63,32	64,19	63,75

Aus den angeführten Analysenzahlen berechnen sich für die einzelnen Bestandteile folgende Molekularverhältnisse:

	Bauschanalyse	In HCl lösl.	In H_2SO_4 lösl.	In H_2SO_4 unlösl.
SiO_2	1,1808	0,1120	0,1973	0,8715
TiO_2	0,0135	0,0076	0,0059	—
Al_2O_3	0,1235	0,0382	0,0189	0,0664
Fe_2O_3	0,0116	0,0099	0,0017	—
FeO	0,0489	0,0489	—	—
MgO	0,0360	0,0355	—	—
CaO	0,0221	0,0050	0,0100	0,0071
Na_2O	0,0558	0,0052	0,0143	0,0363
K_2O	0,0387	0,0124	0,0046	0,0217
H_2O	0,0672	0,0494	0,0178	—

Da in dem in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Teil die Summe der basischen Oxyde mit der Menge der Tonerde nahezu übereinstimmt, darf man wohl alles auf Feldspat berechnen:

Basische Oxyde	651 =	4,7 %
Al_2O_3	664 =	6,8 %
$6SiO_2$	3960 =	23,8 %
		35,3 % Feldspat.

Es bleiben dann noch 28,5 % SiO_2 als Quarz übrig. Der Feldspat ist zum Teil Orthoklas, zum Teil Albit oder ein sehr natronreicher Plagioklas.

In dem durch konzentrierte Schwefelsäure zersetzbaren Anteil sollte man in erster Linie den Biotit erwarten. Dem widerspricht aber sowohl die mikroskopische Untersuchung, wie auch die Analyse, da gar keine Magnesia vorhanden ist. Wenn auch der Kieselsäuregehalt möglicherweise etwas zu hoch ist, indem sich bei der Behandlung mit Natronlauge auch etwas Quarz gelöst hat, so muß es sich doch um sehr saure Silikate handeln. Vielleicht steckt darin auch ein Teil des Plagioklases, der ja in konzentrierten Säuren nicht völlig unlöslich ist. Die Gesamtmenge des in konzentrierter Schwefelsäure löslichen Anteiles beträgt rund 16 %. Das Verhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2$ ist nahezu wie 1 : 10.

In Salzsäure sind 20,4 % des Gneises löslich. In diesem Teil verhält sich $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 3$.

Gneis 2.

Gegenüber dem ziemlich frischen Gneis 1 hatte bei diesem Stück die Verwitterung bereits eingesetzt.

Die Bauschanalyse ergab folgende Zusammensetzung:

	lufttrocken	b. 115° getr.
SiO_2	65,14	65,89
TiO_2	0,87	0,88
Al_2O_3	16,17	16,36
Fe_2O_3	4,45	4,50
FeO	1,40	1,42
MgO	1,87	1,89
CaO	0,82	0,83
Na_2O	2,88	2,91
K_2O	2,60	2,63
H_2O (geb.)	3,39	3,43
H_2O (115°)	1,14	—
	100,73	100,74

1,0034 g Sbst.: 0,6536 g SiO_2; 0,2314 g R_2O_3, davon 0,0447 g Fe_2O_3 und 0,0087 g TiO_2; 0,0082 g CaO; 0,0518 g $Mg_2P_2O_7$.

0,5022 g Sbst.: 0,0478 g KCl + NaCl; 0,0672 g K_2PtCl_6.

1,0030 g Sbst. verloren beim Erhitzen auf 115° 0,0114 g; der gesamte Glühverlust betrug 0,0454 g.

3,0017 g Sbst.: 0,0421 g FeO.

In konzentrierter Salzsäure waren löslich:

	lufttrocken	b. 115° getr.
SiO_2	8,00	8,09
TiO_2	0,29	0,29
Al_2O_3	4,61	4,66
Fe_2O_3	5,74	5,81
MgO	1,82	1,84
CaO	0,24	0,24
Na_2O	0,22	0,22
K_2O	0,28	0,28
H_2O	2,32	2,35
	23,52	23,78

1,4996 g Sbst.: 0,1200 g SiO_2; 0,1596 g R_2O_3, davon 0,0861 g Fe_2O_3 und 0,0044 g TiO_2; 0,0036 g CaO; 0,0754 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0136 g KCl + NaCl; 0,0216 g K_2PtCl_6; 1,1046 g unlöslicher Rückstand (wasserfrei). 0,8100 g des bei 115° getrockneten Rückstandes verloren beim Glühen 0,0114 g.

Die rationelle Analyse ergab für den in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Rückstand folgende Zusammensetzung:

	a	b	c
SiO_2	84,56	86,16	85,60
Al_2O_3	10,43	9,77	9,85
MgO	Spuren	Spuren	Spuren
CaO	0,62	0,56	0,60
Na_2O	2,76	2,36	nicht
K_2O	1,63	1,15	bestimmt.
	100,00	100,00	

a) 6,9984 g Sbst.: 4,2458 g Gesamtrückstand. Es ergaben davon 1,0008 g : 0,1044 g Al_2O_3; 0,0062 g CaO; 0,0779 g KCl + NaCl; 0,0842 g K_2PtCl_6.

b) 4,9949 g Sbst.: 2,9552 g Gesamtrückstand. Davon ergaben 0,9980 g : 0,0975 g Al_2O_3; 0,0056 g CaO; 0,0624 g KCl + NaCl; 0,0590 g K_2PtCl_6.

c) 5,0043 g Sbst.: 2,9562 g Gesamtrückstand. Davon ergaben 0,9970 g: 0,0982 g Al_2O_3; 0,0060 g CaO.

Auf die bei 115° getrocknete ursprüngliche Substanz umgerechnet, ergibt sich für den in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Teil folgende Zusammensetzung:

	a	b	c	Mittel
SiO_2	51,89	51,56	51,16	51,54
Al_2O_3	6,40	5,85	5,83	6,03
MgO	Spuren	Spuren	Spuren	Spuren
CaO	0,38	0,34	0,36	0,36
Na_2O	1,70	1,41		1,56
K_2O	1,00	0,69		0,85
	61,37	59,85		60,34

Berechnet man aus den Analysenzahlen die Molekularverhältnisse, so erhält man folgende Werte:

	Bauschanalyse	In HCl lösl.	In H_2SO_4 lösl.	In H_2SO_4 unlösl.
SiO_2	1,0982	0,1335	0,1057	0,8590
TiO_2	0,0110	0,0036	0,0074	—
Al_2O_3	0,1604	0,0457	0,0556	0,0591
Fe_2O_3	0,0281	0,0264	0,0017	—
FeO	0,0197	0,0197	—	—
MgO	0,0472	0,0460	—	—
CaO	0,0148	0,0043	0,0041	0,0064
Na_2O	0,0469	0,0035	0,0182	0,0252
K_2O	0,0280	0,0030	0,0160	0,0090
H_2O	0,1906	0,1306	0,0600	—

In dem in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Teil ist das Verhältnis der Tonerde zu den basischen Oxyden etwas größer als bei Gneis 1.

Die Änderung gegenüber dem frischen Gneis zeigt sich am deutlichsten, wenn wir die Tonerde gleich 100 setzen. Für die basischen Oxyde erhalten wir dann folgende Zahlen:

	Gneis 1	Gneis 2
CaO	11	11
Na_2O	55	43
K_2O	33	15
	99	69

Während die Menge des Calciums gleich geblieben ist, haben die Alkalien, besonders das Kali, sehr erheblich abgenommen. Ein Teil des Feldspats ist also zersetzt worden unter Bildung eines durch konzentrierte Schwefelsäure nicht oder doch nur schwer angreifbaren Tonerdesilikates. Über die Zusammensetzung des letzteren läßt sich nichts Bestimmtes aussagen, vor allem nicht, wieviel

Kieselsäure darin enthalten ist, und ob nicht wenigstens ein Teil der Basen auch noch dazu gehört. Nimmt man an, daß die Basen ausschließlich als Feldspat vorliegen, so ergibt sich dessen Menge:

Basische Oxyde	406 =	2,8 %
Al_2O_3	406 =	4,1 %
$6SiO_2$	2436 =	14,6 %
		21,5 % Feldspat.

Über das Verhältnis von $Al_2O_3 : SiO_2$ in dem neugebildeten Tonerdesilikat wissen wir, wie schon gesagt, gar nichts. Man darf aber wohl annehmen, daß es zwischen 1 : 6 wie beim Feldspat und 1 : 2 wie beim Kaolin liegt. Unter der ersten Voraussetzung würde sich seine Menge zu

Al_2O_3	185 =	1,9 %
$6SiO_2$	1110 =	6,7 %
		8,6 %

ergeben; bei dem Verhältnis 1 : 2 erhält man

Al_2O_3	185 =	1,9 %
$2SiO_2$	370 =	2,2 %
		4,1 %

Der wahre Wert dürfte wohl innerhalb dieser beiden Grenzen liegen.

Bei Annahme des ersten Wertes bleiben 30,2 %, bei dem zweiten 34,7 % SiO_2 als Quarz übrig.

Gegenüber Gneis 1 hat also der Quarzgehalt zu-, der Gehalt an Feldspat abgenommen. Man muß hierbei allerdings auch berücksichtigen, daß gewisse Unterschiede in der Zusammensetzung der beiden Gneise bereits schon ursprünglich vorhanden gewesen sein können.

Der in konzentrierter Schwefelsäure lösliche Anteil

hat eine glimmerartige Zusammensetzung. Der Alkaligehalt ist freilich hierfür verhältnismäßig hoch. Man muß aber berücksichtigen, daß gerade bei diesem Teil, dessen Zusammensetzung ja nur aus der Differenz berechnet wird, die Fehler verhältnismäßig groß sind. Neben Glimmer ist wohl auch etwas zersetzter Plagioklas vorhanden. Die Gesamtmenge dieses Teils beträgt 15,9 %.

In Salzsäure sind 23,8 % des Gesteins löslich. Wir haben es hier hauptsächlich mit Magnesia-Eisenoxydul-Tonerdesilikaten zu tun. Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ ist in diesem Teil 1 : 3.

Gneis 3.

Bei Gneis 3 ist die Verwitterung noch weiter fortgeschritten als bei Gneis 2. Die schiefrige Struktur ist nicht durchweg mehr deutlich zu erkennen. Vielmehr zeigt das Gestein schon zum Teil das Aussehen der später untersuchten Lehme.

Die Bauschanalyse ergab folgende Zusammensetzung:

	lufttrocken	b. 115° getr.
SiO_2	68,42	69,06
TiO_2	0,82	0,83
Al_2O_3	14,99	15,13
Fe_2O_3	4,90	4,95
MgO	0,45	0,45
CaO	0,35	0,35
Na_2O	2,24	2,26
K_2O	3,43	3,46
H_2O (geb.)	3,58	3,61
H_2O (115°)	0,93	—
	100,11	100,10

1,0044 g Sbst.: 0,6872 g SiO_2; 0,2092 g R_2O_3, davon 0,0492 g Fe_2O_3 und 0,0082 g TiO_2; 0,0035 g CaO; 0,0124 g $Mg_2P_2O_7$.

0,4964 g Sbst.: 0,0478 g KCl + NaCl; 0,0876 g K_2PtCl_6.

0,9926 g Sbst. verloren beim Erhitzen auf 115° 0,0092 g H_2O; der gesamte Glühverlust betrug 0,0448 g.

Für die Zusammensetzung des in konzentrierter Salzsäure löslichen Teiles wurden folgende Werte gefunden:

	a	b
SiO_2	3,64	4,67
TiO_2	Spuren	Spuren
Al_2O_3	2,21	2,53
Fe_2O_3	4,73	4,98
MgO	0,22	0,28
CaO	0,17	0,18
Na_2O	0,18	0,15
K_2O	0,26	0,33
H_2O	1,95	1,92
	13,36	15,04

a) 1,4956 g Sbst.: 0,0544 g SiO_2; 0,1038 g R_2O_3, davon 0,0707 g Fe_2O_3; 0,0025 g CaO; 0,0090 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0108 g KCl + NaCl; 0,0198 g K_2PtCl_6; 1,2602 g unlöslicher Rückstand (wasserfrei). 1,0660 g des bei 115° getrockneten Rückstandes verloren beim Glühen 0,0202 g.

b) 1,4949 g Sbst.: 0,0698 g SiO_2; 0,1122 g R_2O_3, davon 0,0744 g Fe_2O_3; 0,0027 g CaO; 0,0117 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0120 g KCl + NaCl; 0,0254 g K_2PtCl_6; 1,2486 g unlöslicher Rückstand (wasserfrei). 1,2348 g des bei 115° getrockneten Rückstandes verloren beim Glühen 0,0240 g.

Auf die bei 115° getrocknete Substanz umgerechnet erhält man folgende Werte:

	a	b	Mittel
SiO_2	3,67	4,71	4,19
TiO_2	Spuren	Spuren	Spuren
Al_2O_3	2,23	2,55	2,39
Fe_2O_3	4,78	5,03	4,91
MgO	0,22	0,28	0,25
CaO	0,17	0,18	0,18
Na_2O	0,18	0,15	0,17
K_2O	0,26	0,33	0,30
H_2O	1,97	1,94	1,96
	13,48	15,17	14,35

Für den in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Teil wurde durch die rationelle Analyse folgende Zusammensetzung gefunden:

		auf die ursprüngliche Substanz berechnet
SiO_2	82,30	53,60
Al_2O_3	12,51	8,24
MgO	Spuren	Spuren
CaO	0,44	0,29
Na_2O	1,66	1,09
K_2O	3,09	2,04
	100,00	65,26

4,9450 g Sbst.: 3,2270 g Rückstand. 1,0052 g davon ergaben: 0,1258 g Al_2O_3; 0,0044 g CaO; 0,0806 g KCl + NaCl; 0,1602 g K_2PtCl_6.

Aus diesen Analysenzahlen berechnen sich für die Molekularverhältnisse der einzelnen Bestandteile folgende Werte:

	Bauschanalyse	In HCl löslich	In H_2SO_4 löslich	In H_2SO_4 unlöslich
SiO_2	1,1510	0,0698	0,1879	0,8933
TiO_2	0,0104	—	0,0104	—
Al_2O_3	0,1483	0,0234	0,0441	0,0808
Fe_2O_3	0,0306	0,0299	0,0007	—
MgO	0,0112	0,0062	0,0050	—
CaO	0,0062	0,0032	—	0,0052
Na_2O	0,0365	0,0027	0,0162	0,0176
K_2O	0,0368	0,0032	0,0119	0,0217
H_2O	0,2006	0,1089	0,0917	—

In dem in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Teil ist das Verhältnis der Tonerde zu den basischen Oxyden noch etwas größer geworden als bei dem vorhergehenden Gneis. Setzen wir wieder den Wert für die Tonerde gleich 100, so erhalten wir für die andern Oxyde:

CaO	6
Na_2O	22
K_2O	27
	55

Berechnen wir auch hier die Gesamtmenge der basischen Oxyde auf Feldspat, so erhalten wir hierfür 24,0 %. Rechnen wir weiter den Rest der Tonerde auf Tonerdesilikat um, so ergibt sich dessen Menge bei Annahme des Verhältnisses $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 6$ zu 16,8 %; setzen wir $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2$, so erhalten wir hierfür 8,1 %. Im ersteren Falle bleiben für Quarz 24,5 %, bei letzterer Annahme 33,2 % übrig.

Der durch konzentrierte Schwefelsäure zersetzbare Teil enthält ziemlich saure Silikate; das Verhältnis

$Al_2O_3 : SiO_2$ ist nahezu 1 : 4. Die Gesamtmenge dieses Teils beträgt rund 20,3 %.

In Salzsäure sind 14,4 % des Gesteins löslich. Diese im Vergleich zu Gneis 2 geringe Menge ist wohl auf eine verschiedenartige Zusammensetzung der ursprünglichen Gesteine zurückzuführen.

Nachstehend sind nochmals die Löslichkeitsverhältnisse der drei untersuchten Gneise zusammengestellt:

	1	2	3
In konz. H_2SO_4 unlösl.	63,8	60,3	65,3
In konz. H_2SO_4 löslich	15,8	15,9	20,3
In konz. HCl löslich	20,4	23,8	14,4
	100,0	100,0	100,0

Da diese Zahlen in hohem Maße von der ursprünglichen Zusammensetzung der Gesteine abhängen und diese bei 2 und 3 nicht dieselbe wie bei 1 gewesen zu sein braucht, lassen sie keine rechte Vergleichung miteinander zu.

Ein viel richtigeres Bild über den Gang der Verwitterung erhält man, wenn man die Zusammensetzung der verschiedenen Anteile in Molekularprozenten berechnet. Bei dem durch konzentrierte Schwefelsäure nicht zersetzbaren Anteil kann man auch sogleich die Mengen der einzelnen Mineralien ausrechnen. Wir erhalten so für diesen Teil folgende Zusammensetzung:

	1	2	3
Feldspat	55,2	35,6	36,8
Quarz	44,8	50,1	37,5
Tonerdesilikat ($Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 6$)	—	14,3	25,7
	100,0	100,0	100,0

oder

	1	2	3
Feldspat	55,2	35,6	36,8
Quarz	44,8	57,6	50,8
Tonerdesilikat ($Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2$)	—	6,8	12,4
	100,0	100,0	100,0

Aus diesen Zahlen geht hervor, daß der letzte Gneis ursprünglich viel reicher an Feldspat gewesen sein muß, als die beiden andern, sonst könnte trotz der starken Zersetzung nicht so viel zurückgeblieben sein. Der Quarzgehalt muß naturgemäß bei der Verwitterung zunehmen, da ja nur ein Teil des zersetzten Feldspats in Schwefelsäure unlöslich bleibt, ein anderer Teil aber in leichter lösliche Verbindungen übergeht, oder auch ganz fortgeführt wird. Bei der Verwitterung entsteht ein durch konzentrierte Schwefelsäure nicht zersetzbares Tonerdesilikat, dessen Menge mit zunehmender Verwitterung, wenigstens anfangs, ebenfalls ansteigt.

Berechnen wir die in konzentrierter Schwefelsäure löslichen Anteile der besseren Vergleichung wegen in Molekularprozenten, so erhalten wir folgende Zahlen:

	1	2	3
SiO_2	72,9	39,3	51,5
TiO_2	2,2	2,7	2,8
Al_2O_3	7,0	20,7	12,0
Fe_2O_3	0,6	0,6	0,2
CaO	3,7	1,5	—
Na_2O	5,3	6,8	4,4
K_2O	1,7	6,0	3,2
H_2O	6,6	22,4	24,9
	100,0	100,0	100,0

Die Zusammensetzung der durch konzentrierte Schwefelsäure zersetzbaren Silikate ist bei den verschiedenen Proben keineswegs die gleiche. Mit zunehmender Verwitterung nimmt der Gehalt an Titansäure ein wenig, der Wassergehalt sehr stark zu, während der Kalkgehalt abnimmt und schließlich völlig verschwindet. Die Menge der übrigen Bestandteile nimmt erst zu, dann wieder ab. Dies ist wohl so zu erklären, daß diese Stoffe ursprünglich größtenteils in unlöslicher Form vorliegen; mit fortschreitender Zersetzung werden sie zunächst in Schwefelsäure, dann auch in Salzsäure löslich, ihre Menge muß also in dem in Schwefelsäure löslichen Teil schließlich wieder abnehmen.

Führt man die gleiche Berechnung auf Molekularprozente auch für die in konzentrierter Salzsäure löslichen Bestandteile aus, so kommt man zu folgenden Werten:

	1	2	3
SiO_2	34,8	32,1	28,2
TiO_2	2,3	0,9	—
Al_2O_3	11,8	11,0	9,4
Fe_2O_3	3,0	6,4	12,1
FeO	15,0	4,7	—
MgO	10,9	11,0	2,5
CaO	1,8	1,0	1,3
Na_2O	1,2	0,8	1,1
K_2O	4,1	0,7	1,3
H_2O	15,1	31,4	44,1
	100,0	100,0	100,0

Auch in diesem Teil nimmt somit der Wassergehalt bei der Verwitterung sehr stark zu, ebenso der Gehalt an Eisenoxyd, während das Eisenoxydul naturgemäß

abnimmt. Kali und Magnesia nehmen sehr stark ab, Natron und Kalk ändern sich dagegen nur wenig. Auch die Mengen SiO_2 und Al_2O_3 erfahren keine erhebliche Änderung; das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ ist bei allen drei Proben fast genau das gleiche und zwar 1 : 3.

Der Verwitterungsgrad dieser Gneise gibt sich auch in dem Verhalten der in Salzsäure und Schwefelsäure unlöslichen Rückstände gegenüber Methylenblau zu erkennen. Der in konzentrierter Schwefelsäure unlösliche Teil färbt sich bei den beiden ersten Gneisen gar nicht, beim dritten tritt eine ganz schwache Färbung ein.

Die in Salzsäure unlöslichen Rückstände werden bei allen drei Proben gefärbt. Diese Färbung ist bei Gneis 1 sehr schwach, nur wenig stärker als die des in Schwefelsäure unlöslichen Teils bei Gneis 3. Beim zweiten Gneis ist die Färbung schon ziemlich stark und der Rückstand von Gneis 3 ist tief dunkelblau gefärbt.

Schon mit bloßem Auge oder mit der Lupe erkennt man, daß die Färbung keine gleichmäßige ist. Unter dem Mikroskop sieht man, daß der Quarz stets ungefärbt bleibt. In ganz frischem Zustand nimmt auch der Feldspat keinen Farbstoff auf. Es sind vielmehr nur die Zersetzungsprodukte des Feldspats, die gefärbt werden, und zwar im wesentlichen nur die in Schwefelsäure löslichen, da nach der Behandlung mit Schwefelsäure keine oder doch nur sehr schwache Färbung erfolgt.

Gneislehm

von der Fahrstraße Hirzberg—St. Ottilien.

Der aus Gneis durch Verwitterung entstandene Lehm stammt ebenso wie die vorher untersuchten Gneise von

der vom Hirzberg nach St. Ottilien führenden Fahrstraße. Dort wurde er einer direkt über anstehendem Gneis liegenden Verwitterungsschicht entnommen. Da er noch gröberes, zum Teil unverwittertes Material enthielt, wurde er zunächst getrocknet und bei 0,5 mm Lochweite abgesiebt. Der abgesiebte Teil wurde zur Anreicherung der Verwitterungsprodukte in dem Schöneschen Apparat bei einer Geschwindigkeit von 0,5 mm geschlämmt. Die so erhaltenen feinen Anteile des Lehms wurden bei 100° getrocknet, etwa 24 Stunden an der Luft stehen gelassen und in diesem Zustand analysiert. Die folgenden Analysen beziehen sich also nicht auf den Gneislehm im ganzen, sondern nur auf den abgeschlämmten feineren Teil, was bei der Vergleichung mit andern Lehmanalysen zu berücksichtigen ist.

Die Bauschanalyse ergab folgende Werte:

	lufttrocken	b. 115° getr.
SiO_2	51,90	52,59
TiO_2	1,46	1,48
Al_2O_3	25,74	26,08
Fe_2O_3	4,98	5,04
MgO	0,85	0,86
CaO	0,42	0,42
Na_2O	2,16	2,19
K_2O	3,62	3,66
H_2O (geb.)	7,58	7,68
H_2O (115°)	1,31	—
	100,02	100,00

1,0075 g Sbst.: 0,5229 g SiO_2; 0,3241 g R_2O_3, davon 0,0501 g Fe_2O_3 und 0,0147 g TiO_2; 0,0042 g CaO; 0,0235 g $Mg_2P_2O_7$.

0,5009 g Sbst.: 0,0491 g KCl + NaCl; 0,0933 g K_2PtCl_6.

1,0202 g Sbst. verloren beim Erhitzen auf 115° 0,0134 g; der gesamte Glühverlust betrug 0,0907 g.

Für den in konzentrierter Salzsäure löslichen Anteil wurde folgende Zusammensetzung gefunden:

	lufttrocken	b. 115° getr.
SiO_2	11,79	11,95
TiO_2	1,05	1,06
Al_2O_3	5,29	5,36
Fe_2O_3	4,33	4,39
MgO	0,76	0,77
CaO	0,42	0,42
Na_2O	0,37	0,37
K_2O	0,33	0,33
H_2O	2,61	2,65
	26,95	27,20

1,0050 g Sbst.: 0,1185 g SiO_2; 0,1072 g R_2O_3, davon 0,0435 g Fe_2O_3 und 0,0105 g TiO_2; 0,0042 g CaO; 0,0215 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0122 g $KCl + NaCl$; 0,0169 g K_2PtCl_6; 0,6598 g unlöslicher Rückstand (wasserfrei). 0,1775 g des bei 115° getrockneten Rückstandes verloren beim Glühen 0,0125 g.

Der bei der rationellen Analyse bleibende, in konzentrierter Schwefelsäure unlösliche Rückstand hatte folgende Zusammensetzung:

	lufttrocken	auf die ursprüngliche Substanz berechnet
SiO_2	82,38	19,65
Al_2O_3	16,49	3,93
MgO	—	—
CaO	—	—
Na_2O	0,67	0,16
K_2O	0,46	0,11
	100,00	23,85

4,6624 g Sbst.: 1,1120 g Gesamtrückstand; daraus 0,1834 g Al_2O_3; 0,0222 g KCl + NaCl; 0,0266 g K_2PtCl_6.

Aus diesen Analysenzahlen ergeben sich für die Molekularverhältnisse der einzelnen Bestandteile folgende Werte:

	Bausch-analyse	In HCl löslich	In H_2SO_4 löslich	In H_2SO_4 unlöslich
SiO_2	0,8765	0,1992	0,3498	0,3275
TiO_2	0,0185	0,0132	0,0053	—
Al_2O_3	0,2557	0,0525	0,1647	0,0385
Fe_2O_3	0,0315	0,0274	0,0041	—
MgO	0,0215	0,0192	0,0023	—
CaO	0,0075	0,0075	—	—
Na_2O	0,0353	0,0060	0,0267	0,0026
K_2O	0,0389	0,0035	0,0342	0,0012
H_2O	0,4822	0,1472	0,3350	—

Berechnen wir in dem in konzentrierter Schwefelsäure unlöslichen Teil aus der Menge der basischen Oxyde den noch vorhandenen Feldspat, so erhalten wir hierfür 2,0 %. Außerdem ist noch ein Tonerdesilikat zugegen. Nehmen wir darin Al_2O_3: SiO_2 = 1 : 6 an, so sind 16,0 % davon vorhanden, während sich bei dem Verhältnis 1 : 2 7,7 % berechnen. Im ersteren Fall bleiben für Quarz 5,8 %, im letzteren 14,1 % übrig. Die Gesamtmenge des unlöslichen Rückstandes beträgt nur 23,9 %, ist also im Vergleich zu den vorher beschriebenen Gneisen ziemlich klein. Es ist dies aber auch ganz natürlich, da eben beim Sieben und Schlämmen die gröberen, unverwitterten Partikel entfernt worden sind. Der in konzentrierter Schwefelsäure lösliche Anteil hat

zum Teil wohl eine glimmerartige Zusammensetzung. Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ ist annähernd 1 : 2, so daß die Anwesenheit von Kaolin nicht ausgeschlossen erscheint, zumal auch der Wassergehalt hiermit einigermaßen übereinstimmt. Die Gesamtmenge des in konzentrierter Schwefelsäure löslichen Teils beträgt 49,0 %, ist also im Vergleich zu den vorhergehenden Gneisen recht hoch, ein Zeichen der viel weiter fortgeschrittenen Verwitterung.

In Salzsäure sind 27,2 % löslich, also ebenfalls mehr als bei den vorher untersuchten Gneisen. Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ ist in diesem Teil nahezu gleich 1 : 4.

Die feinsten Teilchen dieses Lehms, die sich erst bei mehrtägigem Stehen oder auf Zusatz von etwas Chlorammonium absetzten, hatten folgende Zusammensetzung:

SiO_2	32,56
TiO_2	1,15
Al_2O_3	20,56
Fe_2O_3	8,49
MgO	1,62
CaO	—
Na_2O	0,43
K_2O	1,61
	66,42

Der Rest ist Wasser und geringe Mengen von Chlorammonium.

1,0455 g Sbst.: 0,3404 g SiO_2; 0,3157 g R_2O_3, davon 0,0887 g Fe_2O_3 und 0,0120 g TiO_2; 0,0467 g $Mg_2P_2O_7$.

0,4992 g Sbst.: 0,0167 g $KCl + NaCl$; 0,0414 g K_2PtCl_6.

In konzentrierter Salzsäure lösten sich:

SiO_2	14,95
TiO_2	0,94
Al_2O_3	8,70
Fe_2O_3	7,69
MgO	0,95
CaO	—
Na_2O	0,38
K_2O	0,68
	34,29

1,0112 g Sbst.: 0,1512 g SiO_2; 0,1752 g R_2O_3, davon 0,0777 g Fe_2O_3 und 0,0094 g TiO_2; 0,0264 g $Mg_2P_2O_7$; 0,0182 g KCl + NaCl; 0,0356 g K_2PtCl_6; 0,3360 g unlöslicher Rückstand (wasserfrei).

Die Untersuchung des bei der rationellen Analyse bleibenden Rückstandes ergab folgende Werte:

		auf die ursprüngliche Substanz berechnet
SiO_2	79,46	1,66
Al_2O_3	7,33	0,15
MgO	Spuren	—
CaO	—	—
Na_2O	9,45	0,20
K_2O	3,76	0,08
	100,00	2,09

3,6434 g Sbst.: 0,0764 g Rückstand; daraus: 0,0056 g Al_2O_3; 0,0182 g KCl + NaCl; 0,0148 g K_2PtCl_6.

Aus diesen Analysenzahlen ergeben sich für die einzelnen Bestandteile folgende Molekularverhältnisse:

	Bausch-analyse	In HCl löslich	In H_2SO_4 löslich	In H_2SO_4 unlöslich
SiO_2	0,5427	0,2475	0,2675	0,0277
TiO_2	0,0146	0,0117	0,0029	—

	Bausch-analyse	In HCl löslich	In H_2SO_4 löslich	In H_2SO_4 unlöslich
Al_2O_3	0,2013	0,0945	0,1053	0,0015
Fe_2O_3	0,0531	0,0481	0,0050	—
MgO	0,0405	0,0237	0,0168	—
CaO	—	—	—	—
Na_2O	0,0069	0,0061	—	0,0032
K_2O	0,0171	0,0072	0,0090	0,0009

In dem in Schwefelsäure unlöslichen Rückstand ist die Summe der basischen Oxyde größer als die Menge der Tonerde, doch liegt der Unterschied bei den an sich sehr kleinen Mengen innerhalb der Grenze der Analysenfehler. Der gesamte Rückstand macht nur rund 2 % aus und besteht wohl annähernd zu gleichen Teilen aus Quarz und Feldspat. Der in konzentrierter Schwefelsäure lösliche Teil besteht neben verhältnismäßig wenig Kaliummagnesiumsilikat hauptsächlich aus einem Tonerdesilikat mit dem Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2{,}5$. Ob darin etwa Kaolin enthalten ist, läßt sich aus diesen Zahlen nicht entnehmen. Das gleiche Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2{,}5$ finden wir auch in dem salzsäurelöslichen Teil wieder.

Gneislehm

von der Waldseestrasse bei Freiburg.

Wie schon erwähnt[1], hat Schering einen Gneislehm vom Sternwald bei Freiburg analysiert. Die von mir untersuchte Probe stammt ebenfalls vom Sternwald, aber von einer andern Stelle an der Waldseestraße, wo sie einem frischen Aufschluß etwa 2 m unter der ehe-

[1] S. 4.

maligen Oberfläche entnommen wurde. Nach unten geht der Lehm in weniger stark verwitterten Gneis über.

Die Probe wurde zunächst durch ein Sieb von 0,5 mm Lochweite gesiebt und auf diese Weise von noch nicht völlig zersetzten, gröberen Gneisstückchen befreit. Die folgenden Analysen beziehen sich also auch hier nicht auf den unveränderten Lehm, sondern nur auf diesen abgesiebten, aber nicht geschlämmten Teil.

Die Bauschanalyse ergab folgende Zusammensetzung:

	a	b	c
SiO_2	44,51	44,19	43,96
TiO_2	1,32	21,20	33,90
Al_2O_3	20,14		
Fe_2O_3	12,98	12,45	
MgO	(2,62)	2,54	2,69
CaO	1,84	1,83	2,05
Na_2O	0,82	(0,82)	(0,82)
K_2O	1,36	(1,36)	(1,36)
H_2O (geb.)	9,42	9,23	(9,23)
H_2O (115°)	5,60	6,75	(6,75)
	100,61	100,37	100,76

Die eingeklammerten Zahlen wurden nur einmal bestimmt.

a) 0,9938 g Subst.: 0,4423 g SiO_2; 0,3423 g R_2O_3, davon 0,1290 g Fe_2O_3 und 0,0131 g TiO_2; 0,0183 g CaO.

1,0710 g Sbst. 0,0406 g KCl + NaCl; 0,0751 g K_2PtCl_6.

3,1211 g Sbst. verloren beim Erhitzen auf 115° 0,1742 g.

1,3294 g Sbst. verloren beim Glühen 0,1994 g.

b) 0,9990 g Sbst.: 0,4415 g SiO_2; 0,3362 g R_2O_3, davon 0,1244 g Fe_2O_3; 0,0183 g CaO; 0,0699 g $Mg_2P_2O_7$.

2,5095 g Sbst. verloren beim Erhitzen auf 115° 0,1694 g, beim Glühen 0,4010 g.

c) 0,4986 g Sbst.: 0,2192 g SiO_2; 0,1690 g R_2O_3; 0,0102 g CaO; 0,0370 g $Mg_2P_2O_7$.

Auf die bei 115° getrocknete Substanz umgerechnet, ergeben sich folgende Werte:

	a	b	c	Mittel
SiO_2	47,15	47,39	47,15	47,23
TiO_2	1,40	(1,40)	(1,40)	1,40
Al_2O_3	21,34	21,34	21,39	21,36
Fe_2O_3	13,75	13,36	13,56	13,56
MgO	(2,80)	2,72	2,88	2,80
CaO	1,95	1,96	2,19	2,03
Na_2O	0,92	(0,92)	(0,92)	0,92
K_2O	1,44	(1,44)	(1,44)	1,44
H_2O	9,98	9,90	9,90	9,94
	100,73	100,43	100,83	100,68

Die Analyse des in konzentrierter Salzsäure löslichen Teiles ergab folgende Zusammensetzung:

	a lufttrocken	a′ b. 115° getr.	b b. 115° getr.	Mittel
SiO_2	29,20	30,93	30,67	30,80
TiO_2	1,10	1,17	}	1,17
Al_2O_3	17,60	18,64	} 32,60	18,64
Fe_2O_3	12,41	13,15	}	13,15
MgO	2,97	3,14	(3,14)	3,14
CaO	1,67	1,77	1,97	1,87
Na_2O	0,48	0,50	(0,50)	0,50
K_2O	0,16	0,17	(0,17)	0,17
H_2O	8,72	9,24	(9,24)	9,24
	74,31	78,71	78,29	78,68

a) 1,3162 g Sbst.: 0,3843 g SiO_2; 0,4095 g R_2O_3, davon 0,1634 g Fe_2O_3 und 0,0145 g TiO_2; 0,0220 g CaO; 0,1078 $Mg_2P_2O_7$.

3,0076 g Sbst.: 0,0348 g KCl + NaCl; 0,0253 g K_2PtCl_6; 0,5464 g unlöslicher Rückstand (wasserfrei). 0,2763 g des bei 115° getrockneten Rückstands verloren beim Glühen 0,0103 g H_2O.

b) 1,5000 g Sbst. (bei 115° getrocknet): 0,4600 g SiO_2; 0,4890 g R_2O_3; 0,0295 g CaO.

Der in konzentrierter Schwefelsäure unlösliche Teil hatte folgende Zusammensetzung:

		auf die ursprüngl. Substanz berechnet
SiO_2 (+ Alk.)	97,05	13,39
Al_2O_3	2,95	0,39
CaO	Spuren	Spuren
Na_2O	nicht bestimmt	—
K_2O		—
	100,00	13,78

4,9856 g Sbst.: 0,6197 g Gesamtrückstand; darin 0,0183 g Al_2O_3.

Aus den Analysenzahlen ergeben sich für die Molekularverhältnisse der einzelnen Bestandteile folgende Werte:

	Bauschanalyse	In HCl löslich	In H_2SO_4 löslich	In H_2SO_4 unlöslich
SiO_2	0,7872	0,5133	0,0545	0,2194
TiO_2	0,0175	0,0146	0,0029	—
Al_2O_3	0,2094	0,1827	0,0229	0,0038
Fe_2O_3	0,0847	0,0822	0,0025	—
MgO	0,0700	0,0785	—	—
CaO	0,0362	0,0334	0,0028	—
Na_2O	0,0148	0,0081	(0,0068)	nicht
K_2O	0,0153	0,0018	(0,0135)	bestimmt
H_2O	0,5522	0,5133	0,0389	—

Berechnet man für den in Schwefelsäure unlöslichen Anteil den Tonerdegehalt auf Feldspat, so erhält man

hierfür rund 2 %, während nicht ganz 12 % für Quarz übrig bleiben. Die Gesamtmenge des unlöslichen Rückstandes ist also noch kleiner als bei dem Lehm vom Hirzberg.

Der in konzentrierter Schwefelsäure lösliche Anteil hat im wesentlichen eine glimmerartige Zusammensetzung. Seine Menge, 7,5 %, ist verhältnismäßig gering. Dies ist jedenfalls auf eine noch weitergehende Verwitterung zurückzuführen, indem fast alle Silikate bereits durch Salzsäure zersetzbar geworden sind.

Der in Salzsäure lösliche Anteil ist demgemäß außerordentlich groß, 78,7 %.

Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$ ist in dem schwefelsäurelöslichen Teile annähernd 1 : 2,5, in dem salzsäurelöslichen 1 : 3.

Nachstehend sind nochmals die Löslichkeitsverhältnisse der beiden beschriebenen Lehme zusammengestellt:

	Hirzberg-St. Ottilien	Waldseestraße
In konz. H_2SO_4 unlöslich	23,9	13,8
In konz. H_2SO_4 löslich	49,0	7,5
In konz. HCl löslich	27,2	78,7

Trotzdem also der Lehm von der Waldseestraße nur gesiebt und nicht geschlämmt worden ist, enthält er einen viel kleineren unlöslichen Rückstand als der Lehm vom Hirzberg. Wenn dies auch vielleicht zum Teil auf eine verschiedene Zusammensetzung der ursprünglichen Gesteine zurückzuführen ist, so zeigt uns doch die so sehr viel größere Löslichkeit in Salzsäure, daß der zweite Lehm in der Verwitterung sehr viel weiter fortgeschritten ist als der erste.

Im einzelnen ist die Zusammensetzung der ver-

schiedenen Anteile folgende. Der in konzentrierter Schwefelsäure unlösliche Teil besteht aus:

	Hirzberg-St. Ottilien	Waldseestraße
Feldspat	8,4	15,4
Quarz	24,4	84,6
Tonerdesilikat		
($Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 6$)	67,2	—
	100,0	100,0

Nimmt man in dem Tonerdesilikat das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2$ an, so ergibt sich für den unlöslichen Rückstand des Lehmes vom Hirzberg die Zusammensetzung:

Feldspat	8,4
Quarz	59,2
Tonerdesilikat ($Al_2O_3 : SiO_2 = 1 : 2$)	32,4
	100,0

Bei den beiden andern Anteilen muß man zur Vergleichung die Molekularprozente berechnen. Man erhält dann für den in konzentrierter Schwefelsäure löslichen Anteil:

	Hirzberg-St. Ottilien	Waldseestraße
SiO_2	38,0	39,7
TiO_2	0,6	1,9
Al_2O_3	17,9	15,3
Fe_2O_3	0,4	1,7
MgO	0,2	—
CaO	—	1,9
Na_2O	2,9	4,5
K_2O	3,7	9,0
H_2O	36,3	26,0
	100,0	100,0

Berechnet man in gleicher Weise die in Salzsäure löslichen Anteile auf Molekularprozente, so kommt man zu folgenden Zahlen:

	Hirzberg-St. Ottilien	Waldseestraße
SiO_2	41,9	35,9
TiO_2	2,8	1,0
Al_2O_3	11,0	12,9
Fe_2O_3	5,8	5,8
MgO	4,0	5,5
CaO	1,6	2,3
Na_2O	1,3	0,6
K_2O	0,7	0,1
H_2O	30,9	35,9
	100,0	100,0

Da der zweite Lehm zweifellos den fortgeschritteneren Verwitterungszustand darstellt, so zeigen uns diese Zahlen, daß nicht nur mit zunehmender Verwitterung die Gesamtmenge der in Salzsäure löslichen Verbindungen zunimmt, sondern daß diese auch stärker hydratisiert sind. Das Verhältnis $Al_2O_3 : SiO_2$, das bei dem Lehm vom Hirzberg nahezu 1 : 4 ist, steigt bei dem Lehm von der Waldseestraße auf 1 : 3; wir finden also entweder eine verhältnismäßige Zunahme der Tonerde, oder eine entsprechende Abnahme der Kieselsäure.

Fassen wir die Ergebnisse der vorliegenden Analysen nochmals kurz zusammen, so ergibt sich folgendes: Zuerst entsteht, jedenfalls wohl aus dem Feldspat, ein alkaliärmeres oder alkalifreies Tonerdesilikat, das durch konzentrierte Schwefelsäure nicht zersetzt wird. Mit fortschreitender Verwitterung werden die Silikate zuerst in Schwefelsäure, dann auch in Salzsäure löslich. Ob wir es bei den durch Säuren zersetzbaren Silikaten mit einheitlichen Verbindungen, oder, was wahrscheinlicher ist, mit Gemischen verschiedener (glimmerähnlicher?) Silikate und vielleicht auch freier Hydroxyde zu tun haben, läßt sich durch Analysen einstweilen noch nicht entscheiden. Die basischen Oxyde gehen allmählich in leicht lösliche Verbindungen (Karbonate) über und werden als solche weggeführt, während das Eisen als freies Hydroxyd in unlöslicher Form abgeschieden wird. Da auch die neugebildeten Silikate wasser-(hydroxyl-)haltig sind, nimmt die Gesamtmenge des gebundenen Wassers sehr stark zu.

Die Abweichungen, die sich bei den Analysen ergeben haben, sind wohl aus dem schnellen Wechsel in der Gesteinsbeschaffenheit der verschiedenen Schichten zu erklären.

Die vorstehende Arbeit wurde in dem chemischen Laboratorium (Abteilung der naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät) der Universität Freiburg i. Br. auf Veranlassung des Herrn Professor Dr. Meigen von mir ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, meinem verehrten Lehrer auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank für die vielfache Hilfe und Unterstützung auszusprechen, die er mir im Verlauf der Arbeit freundlichst zuteil werden ließ.